

# Der See als Ökosystem

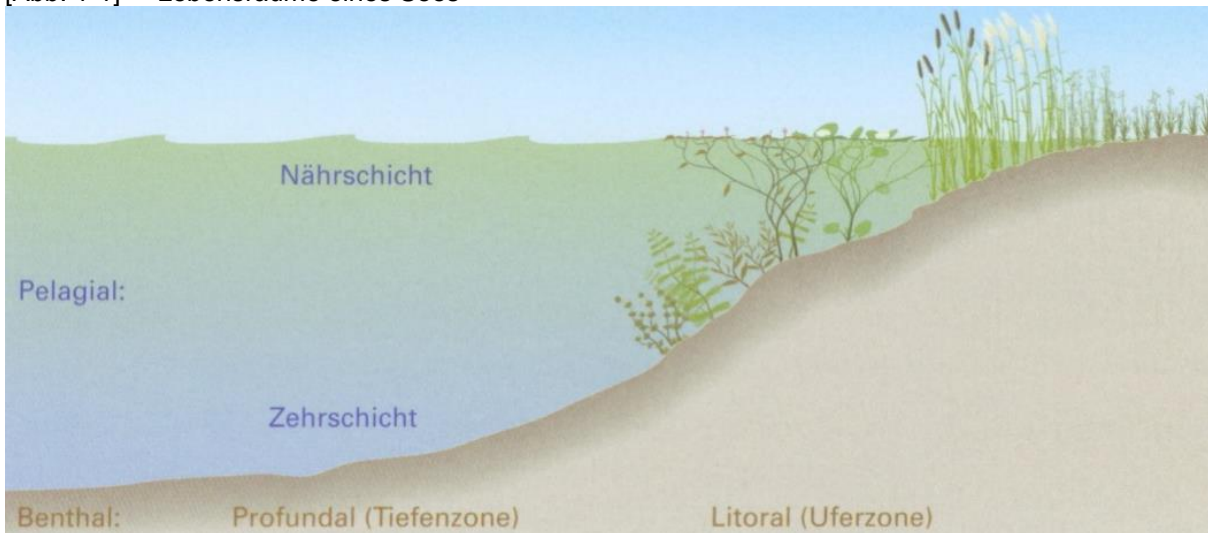
## 1 Lebensräume und Bewohner eines Sees

### 1.1 Gliederung

Ein See ist kein einheitliches Ökosystem. Er ist in verschiedene Bereiche mit unterschiedlichen abiotischen Bedingungen und Biozönosen gegliedert (Abb. 1-1). Wir unterscheiden den *Freiwasserbereich* (Pelagial) und die *Bodenzone* (Benthal), die in *Uferzone* (Litoral) und *Tiefenzone* (Profundal) gegliedert ist.

Weil das Wasser und darin enthaltene Schwebeteilchen das Licht absorbieren, nimmt die Helligkeit mit zunehmender Wassertiefe ab. Das hat zur Folge, dass nur in der oberflächennahen Nährschicht mehr *Biomasse* produziert als verbraucht wird. Ein Teil dieses Materials sinkt ab und wird in der lichtarmen Zehrschicht, wo mehr Biomasse zerlegt als produziert wird, abgebaut.

[Abb. 1-1] Lebensräume eines Sees



Ein See hat verschiedene Bereiche mit unterschiedlichen Bedingungen und Biozönosen.

### 1.2 Uferzone

Die Uferzone ist durch die unterschiedliche Wassertiefe bzw. Bodenfeuchtigkeit in verschiedene Gürtel mit entsprechend angepassten Bewohnern gegliedert (Abb. 1-2). Diese Gürtel sind an ihren Pflanzengesellschaften erkennbar und auch nach ihnen benannt.

#### Pflanzengesellschaften der Uferzone

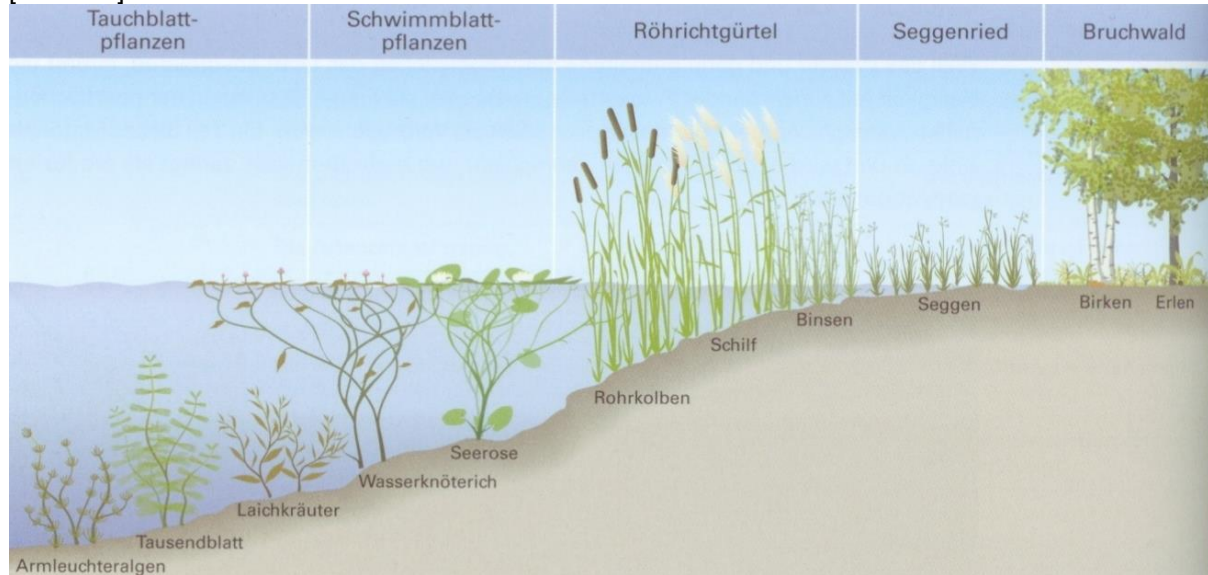
Im Uferbereich des Sees steht der Grundwasserspiegel sehr hoch. Die Böden sind nass, meist nährstoffarm und *torfig*. Von den Bäumen gedeihen hier Flachwurzler wie *Schwarzerle*, *Grauweide* und *Faulbaum*. Weil sie im weichen Boden kaum Halt finden, stürzen viele um. Man nennt diesen Wald darum *Bruchwald*. Die *Erle* gedeiht auch auf sehr stickstoffarmen Böden, weil sie in *Symbiose* mit *Knöllchenbakterien* lebt. Auf etwas trockeneren Böden dominiert die *Birke*.

Im Seggenried, das zeitweise überschwemmt ist, wachsen die feuchtigkeitsliebenden *Seggen*. Sie bilden oft Horste, deren Kuppen als Nistplätze begehrt sind, weil sie auch in feuchten Zeiten über dem Wasser stehen.

Im Röhrichtgürtel treffen wir *Schilf*, *Rohrkolben*, *Binsen* und *Iris*. Das Schilf bildet lange waagrecht wachsende Erdsprosse, die seine Standfestigkeit erhöhen. An den Knoten treiben neue Halme und bilden dichte Bestände, die das Ufer vor Wind und Wellen schützen.

In der Zone der Schwimmblattpflanzen gedeihen *Seerosen* und *Wasserknöterich*. Die Schwimmblattpflanzen wurzeln im Bodengrund, während Blüten und Blätter auf dem Wasser liegen. Die langen Blattstiele enthalten Interzellular-Kanäle, durch die Luft zu den Wurzeln im sauerstoffarmen Boden geleitet wird. Die Blätter sind mit einer wasserabweisenden Wachsschicht überzogen und die Schliesszellen liegen auf der Blattoberseite.

[Abb. 1-2] Pflanzen der Uferzone



Die Uferzone ist in Gürtel mit unterschiedlichen Pflanzengesellschaften gegliedert.

In der Zone der Tauchblattpflanzen leben die Pflanzen ganz untergetaucht, einzig die Blüten können über die Wasseroberfläche hinausragen. Tauchblattpflanzen wie *Laichkraut*, *Wasserpest* und *Armelechtermalgen* nehmen das Kohlendioxid für die Fotosynthese aus dem Wasser auf, wo es wie der Sauerstoff (für uns unsichtbar) gelöst ist. Da sie bei der Fotosynthese mehr Sauerstoff produzieren, als sie bei der Atmung verbrauchen, tragen sie zur Sauerstoffversorgung der wasserbewohnenden Konsumenten bei. Viele Tauchblattpflanzen haben feine, zerschlitzte Blätter, die gesamthaft eine sehr grosse Oberfläche für den Stoffaustausch besitzen. Zudem werden sie von Wasserbewegungen weniger leicht beschädigt als grossflächige Blätter.

[Abb. 1-3] Uferzone



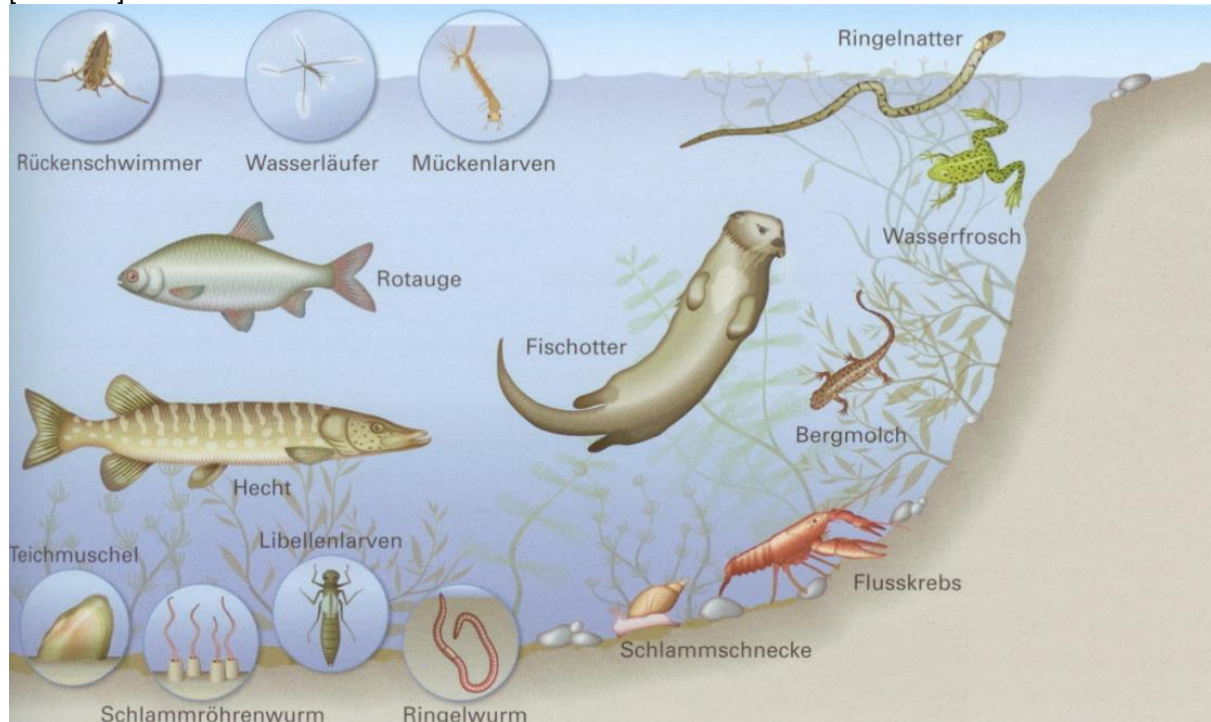
### Bewohner der Uferzone

Die Uferzone beherbergt auf engem Raum viele Tierarten mit unterschiedlichen ökologischen Nischen, die ganz oder teilweise im Wasser leben. Wir betrachten einige Beispiele.

Auf der Wasseroberfläche spazieren *Wasserkäfer* und unter ihr rudern *Rückenschwimmer* mit dem Bauch nach oben. *Mückenlarven* hängen an der Wasseroberfläche und atmen durch eine Art Schnorchel. Direkt unter der Wasseroberfläche leben Mikroorganismen wie *Bakterien*, *Algen* und *Einzeller*.

Im und auf dem Boden, in dem die Sprosspflanzen wurzeln, lebt auch ein grosser Teil der Konsumenten und Destruenten: *Würmer*, *Insektenlarven*, *Schnecken*, *Muscheln*, *Wasserasseln*, *Krebse* etc. Viele bewegen sich ähnlich wie Landbewohner, besitzen aber z.T. Atemorgane, mit denen sie den im Wasser gelösten Sauerstoff aufnehmen können. Insekten wie *Wasserkäfer*, *Wasserwanzen* und die vielen *Schnecken* holen an der Wasseroberfläche Luft. Bewohner der Tiefenzone wie der *Schlammröhrenwurm* kommen mit sehr tiefen Sauerstoffkonzentrationen aus.

[Abb. 1-4] Tiere im See

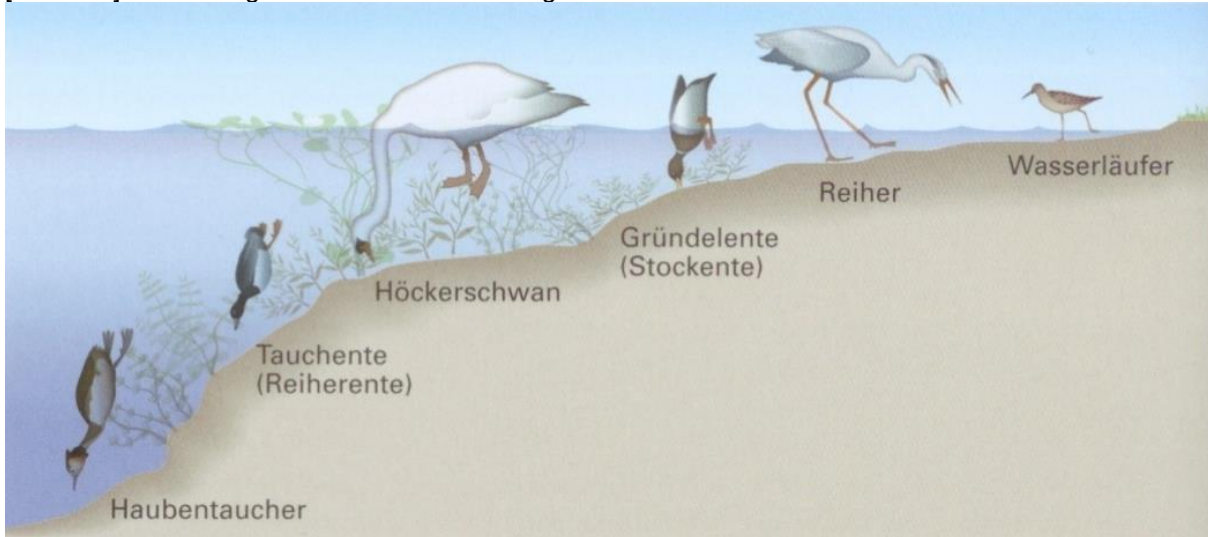


Viele *Fische* des Pelagials finden zwischen den Pflanzen der Uferzone Nahrung und Laichplätze. Von den *Amphibien* lebt bei uns nur der *Wasserfrosch* das ganze Jahr im Wasser, aber fast alle *Frösche*, *Kröten* und *Molche* kommen zur Laichzeit ans Wasser. Sie gehören zur bevorzugten Beute der *Ringelnatter*, die als Reptil ein Landbewohner ist, aber gut schwimmen kann. Von den Säugern trifft man im Uferbereich den *Fischotter* und als Gast den *Iltis*.

*Vögel* bauen ihre *Nistplätze* in unterschiedlichen Bereichen. Vögel, deren Junge das Nest rasch verlassen (*Nestflüchter*) wie das *Blesshuhn* oder der *Haubentaucher*, bauen ihre Nester entweder direkt auf dem Boden oder auf dem Wasser, während die Eltern von *Nesthockern* ihre Nester wie der *Teichrohrsänger* auf Pflanzen deutlich über dem Wasserspiegel anlegen.

Viele *Vögel* holen sich in der Uferzone ihre Nahrung. Sie unterscheiden sich in ihren Nahrungsansprüchen oder nutzen verschiedene Bereiche (Abb. 1-5). *Graureiher* stelzen auf langen Beinen durch das seichte Wasser und holen sich hier ihre Nahrung. *Gründelenten* wie die *Stockente* suchen ihre Nahrung in der seichteren Uferzone, sie tauchen beim «Gründeln» nicht ab. Der *Höckerschwan* kann mit seinem langen Hals den Boden in tieferem Wasser nach Nahrung durchsuchen, und *Tauchenten* wie die *Reiherente* tauchen bei der Nahrungssuche ganz ab. Auch *Blesshühner* tauchen mit einem kleinen Kopfsprung ganz unter. Noch tiefer tauchen die *Haubentaucher*. *Stosstaucher* wie die *Eisvögel* stürzen sich beim Fischen z. B. von Bäumen am Ufer ins Wasser.

[Abb. 1-5] Nahrungsnischen von Wasservögeln

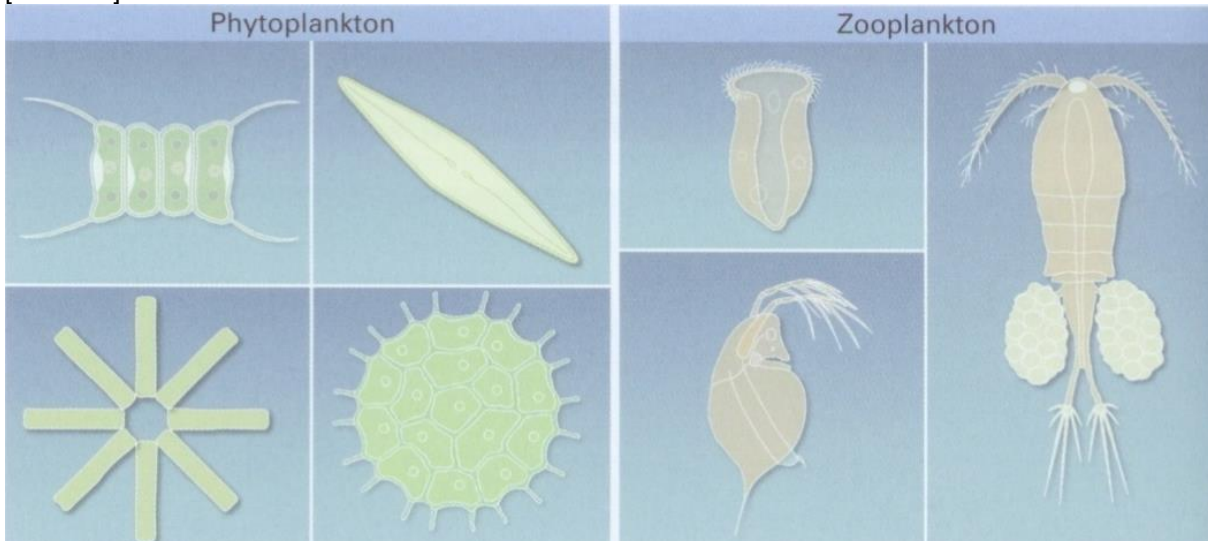


Die Wasservögel suchen ihre Nahrung auf unterschiedliche Weise in unterschiedlichen Bereichen.

### 1.3 Freiwasserzone (Pelagial)

Zahlenmässig dominieren in der Biozönose des freien Wassers die *schwebenden Kleinlebewesen*, die man als *Plankton* bezeichnet. Oft leben in einem Liter Wasser über eine Milliarde von ihnen. Man unterscheidet zwischen dem hauptsächlich aus Algen bestehenden autotrophen Phytoplankton und dem heterotrophen, meist aktiv beweglichen Zooplankton. Zum *Phytoplankton* unserer Seen gehören *Geisselalgen*, *Kieselalgen*, *Grünalgen* etc., zum *Zooplankton* *Einzeller*, *Kleinkrebschen* und *Rädertierchen*.

[Abb. 1-6] Plankton



Zum autotrophen Phytoplankton gehören verschiedene Algen, zum heterotrophen Zooplankton Einzeller, Kleinkrebschen und Rädertierchen.

Die Algen des *Phytoplanktons* sind die *Produzenten* des Pelagials. Da sie auf Licht angewiesen sind, leben sie nur in den obersten Wasserschichten. Sie *schweben* dank eingelagerten Fett-Tröpfchen oder Gasblasen. Bei vielen verhindern lange Fortsätze das Absinken, weil diese den Sinkwiderstand erhöhen.

Das Plankton bildet die Grundnahrung für Jungfische, Amphibienlarven und Muscheln. Auch viele *Fische* wie *Felchen*, *Karpfen*, *Laube* und *Hasel* können mit Filtervorrichtungen (Reusen) an ihren Kiemen Plankton aus dem Wasser filtrieren. Fische wie *Egli*, *Elritze* und *Forelle* sind Sekundärkonsumenten und fressen hauptsächlich Insektenlarven, Würmer und Weichtiere. Grössere Raubfische wie der *Hecht* sind je nach Beute Sekundär- oder Tertiärkonsumenten. Sie fressen Fische, Amphibien, Krebse und Weichtiere.

Auf der Wasseroberfläche leben auch hier *Wasservögel* wie *Enten* und *Schwäne*. Sie tauchen ihren Kopf ins Wasser und holen mit dem flachen Schnabel Algen, Wasserpflanzen und z.T. auch Kleintiere aus dem Wasser. Fleischfressende Vögel wie Schwalben, Möwen und Seeadler holen sich ihre Beute im Flug knapp unter der Wasseroberfläche.

In der *dunklen Tiefe* des Sees fehlen die Produzenten. Hier leben hauptsächlich *Destruenten*, wie *Würmer*, *Krebse* und *Schnecken*, sowie *Bakterien*, die sich von absinkendem organischem Material ernähren. Die Biozönose des Profundals ist meist *artenarm* und starken Dichteschwankungen unterworfen. Da sich in nährstoffreichen Seen die Algen in den oberen Schichten im Sommer stark vermehren, sinkt viel organisches Material ab. Die Zerleger vermehren sich stark und verbrauchen den Sauerstoff in der Tiefe.

### **Aufgabe 1**

Warum fehlt in einem Bach das Plankton weitgehend?

Weil das Plankton weggeschwemmt wird

### **Aufgabe 2**

Charakterisieren Sie die Biozönose des Profundals.

Kleintiere schutzlose Tiere meist Larven. Welche in den dichten Pflanzen Schutz suchen in den Blätter der Pflanzen in Profundal die über Wasser sind.

### **Aufgabe 3**

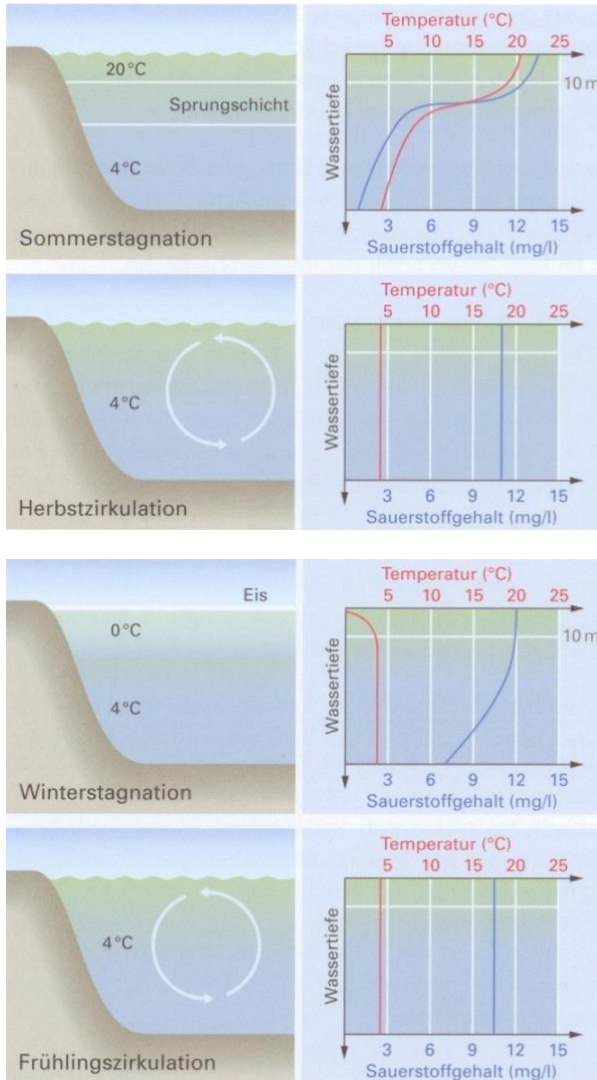
Färben Sie alle Pflanzennamen mit einer grünen und Tiernamen mit einer roten Farbe an (z.B. mit Leuchtstiften). Schreiben Sie nun zusätzlich alle Tier- und Pflanzenarten, deren Namen Sie noch nie gehört haben, in die untenstehende Liste:

Unbekannte Pflanzen:

Unbekannte Tiere:

## 2 Horizontale Schichtung und Zirkulation

Weil die *Dichte* des Wassers von der *Temperatur* abhängig ist, ändert sich die *Schichtung* des Wassers im Verlauf des Jahres. Entscheidend ist die seltsame Tatsache, dass das Wasser seine höchste Dichte bei 4 °C hat. In der Tiefe ist die Temperatur darum immer 4 °C. An der Oberfläche ist die Temperatur im Sommer höher, im Winter tiefer.



Das Wasser an der Oberfläche wird durch die Sonne erwärmt und bleibt - weil seine Dichte dabei abnimmt - oben. In der Tiefe bleibt die Temperatur 4°C, weil das Wasser bei 4°C die höchste Dichte hat. Zwischen warmem Oberflächen- und kaltem Tiefenwasser liegt die Sprungschicht. Die stabile Schichtung (Sommerstagnation) hat zur Folge, dass praktisch kein Sauerstoff von der Oberfläche ins Tiefenwasser gelangt. Der Sauerstoffgehalt nimmt im Oberflächenwasser durch die Aktivität der Algen zu und in der Tiefe durch den Verbrauch der Konsumenten und Destruenten ab.

Im Herbst findet eine Zirkulation statt. Das Wasser an der Oberfläche kühlt sich ab, wird spezifisch schwerer und sinkt nach unten, bis die Temperatur im ganzen See 4°C beträgt. Weil in diesem Zustand alles Wasser die gleiche Dichte hat, ist die Schichtung labil. Wind und Wellen verursachen einen Austausch zwischen Oberflächen- und Tiefenwasser.

Beim Abkühlen des Oberflächenwassers unter 4°C sinkt dessen Dichte; es bleibt an der Oberfläche und gefriert schliesslich. So kann sich an der Oberfläche eine schwimmende Eisschicht bilden, während in der Tiefe die Wassertemperatur immer noch 4°C beträgt. Das ist für Wasserbewohner wie die Fische wichtig, weil sie nur überleben, wenn der See nicht bis zum Grund gefriert.

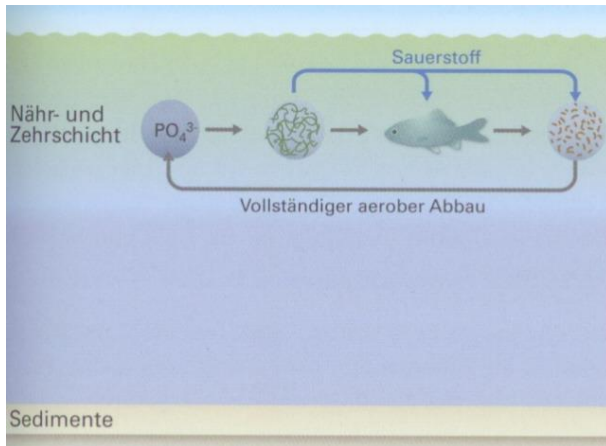
Im Frühling erwärmt sich das Wasser zuerst im ganzen See bis auf 4°C. Dann kann wegen der labilen Schichtung wieder eine Zirkulation stattfinden.

## 3 Nährstoffgehalt und Eutrophierung

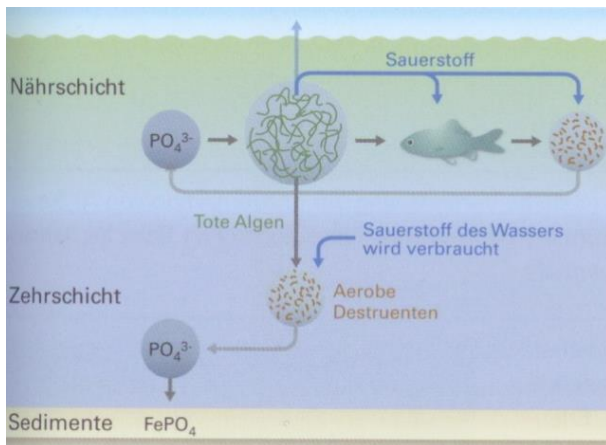
Oberflächen- und Tiefenwasser können sich im Gehalt an gelösten Stoffen erheblich unterscheiden. Das *Oberflächenwasser* ist meist *sauerstoffreich*, weil hier die Produzenten Sauerstoff bilden und weil ein Austausch mit der Luft stattfindet. Die Konzentration der Mineralstoffe limitiert das Wachstum der Produzenten.

In *nährstoffarmen* (*oligotrophen* von oligos, gr.: wenig, trophe, gr.: Nahrung) Seen erlaubt der geringe Nährstoff- oder besser Mineralsalzgehalt nur ein *bescheidenes Wachstum* der *Algen*.

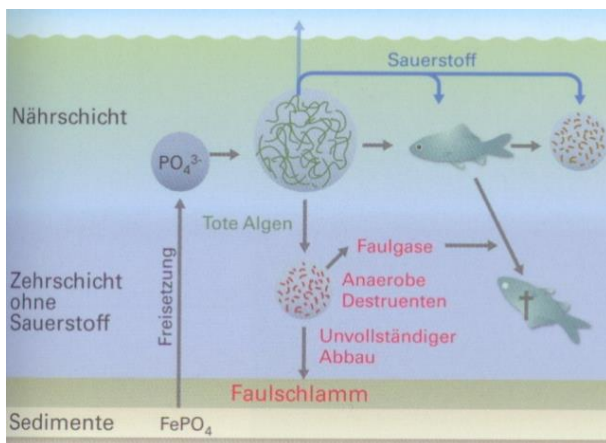
Heute sind viele Seen durch das Einleiten von Abwasser und Auswaschungen aus Luft und Boden *nährstoffreich* (*eutroph* von eu, gr.: gut, trophe, gr.: Nahrung), die Konzentration der Mineralstoffe ist hoch. Die Algen wachsen stark.



In nährstoffarmen (oligotrophen) Seen erlaubt der geringe Mineralsalzgehalt nur ein bescheidenes Wachstum der Algen. Meist ist das Phosphat der limitierende Faktor. Die Algen, die in der Oberflächenschicht wachsen, werden hier von Konsumenten gefressen oder von Destruenten abgebaut. Der dazu nötige Sauerstoff wird von den Algen laufend produziert, und die von den Destruenten freigesetzten Nährsalz-Ionen stehen den Produzenten schnell wieder zur Verfügung. Schon nach einem Tag ist die Hälfte des Phosphats aus den Algen wieder im Wasser. Innerhalb eines Sommers wird der Kreislauf mehrfach durchlaufen.



In nährstoffreichen (eutrophen) Seen führt der hohe Mineralsalzgehalt zu einem starken Wachstum der Algen, und diese bilden mehr Biomasse, als die Konsumenten und Destruenten in der Nährschicht fressen und abbauen. Ein Teil der Algen sinkt nach dem Tod ab und wird in der Zehrschicht von Konsumenten und Destruenten unter Sauerstoffverbrauch abgebaut. Weil die Sommerstagnation eine Zirkulation verhindert, sinkt dadurch der Sauerstoffgehalt in der Zehrschicht stark ab und die freigesetzten Mineralstoffe bleiben unten. Phosphat kann dem Kreislauf entzogen werden, indem es mit Eisen(III)-Ionen schwer lösliches Eisen(III)-phosphat bildet, das sich absetzt. Im Herbst gelangt durch die Zirkulation wieder Sauerstoff reicheres Wasser in die Tiefe und mineralstoffreicher an die Oberfläche.



In Seen, die durch Einwirkungen des Menschen (Düngung, Abwasser) stark eutrophiert sind, kann das Wachstum der Algen so stark sein, dass der Abbau der anfallenden Biomasse den Sauerstoff im Tiefenwasser vollständig verbraucht. Die aeroben Lebewesen sterben. Anaerobe Bakterien bauen das organische Material durch Gärungsvorgänge nur unvollständig ab und produzieren Faulgase wie Schwefelwasserstoff, Ammoniak und Methan, die z. T. giftig sind. Es bildet sich Faulschlamm. Unter den anaeroben Bedingungen wird das Eisen(III)-phosphat in den Sedimenten durch Reduktion der Eisen(III)-Ionen in das besser lösliche Eisen(II)-phosphat umgewandelt. Die freigesetzten Phosphat-Ionen gelangen bei der nächsten Zirkulation nach oben in die Nährschicht und verstärken das Algenwachstum.

[Abb. 3-1] Stoffe im Oberflächen- und im Tiefenwasser eines eutrophen Sees



Im Sommer sinkt im Tiefenwasser der Sauerstoffgehalt, während der Phosphat- und Ammoniumgehalt steigen. Daten für den Greifensee 2006, AWEL (Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft).